



TITLE:

# 自習・反転授業のための音声つき PDF教材の開発 (数学ソフトウェア とその効果的教育利用に関する研 究)

AUTHOR(S):

大内, 俊二; 高遠, 節夫

---

CITATION:

大内, 俊二 ...[et al]. 自習・反転授業のための音声つきPDF教材の開発 (数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究). 数理解析研究所講究録 2018, 2067: 183-189

ISSUE DATE:

2018-04

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/241950>

RIGHT:

# 自習・反転授業のための音声つきPDF教材の開発

下関市立大学・経済学部 大内 俊二 (Shunji Ouchi)  
Faculty of Economics,  
Shimonoseki City University  
東邦大学 理学部 高遠 節夫 (Setsuo Takato)  
Faculty of Science,  
Toho University

## 1 はじめに

現在 K<sub>ε</sub>TCindy によって、PDF 形式のスライドをベースとした、(1) 数学的に正確で表現力豊かな図が挿入できる、(2) 音声 (mp3 形式ファイル) をスライドごとに埋め込める、(3) パラパラ動画やアニメーション動画が容易に作成できる、(4) スライド上での正確な位置に文章や図・記号をレイアウトできる、などの機能を活かした e ラーニング教材の作成が可能である。本稿では、このような K<sub>ε</sub>TCindy の機能を活用して作成した大学初年級の統計教育における、自習・反転授業のための音声入り PDF 教材を紹介する。これまでも、反転授業の事前学習に、音声ファイルと PDF 化されたスライド資料を別々に配信した実践例 ([2] など) はあるが、PDF 形式のスライドに音声を埋め込み一体化した e ラーニング教材については見当たらない。なお、K<sub>ε</sub>TCindy を活用した PDF スライドの作り方については [1] が詳しい。

## 2 反転授業のための教材開発における留意点

2012 年 (大学では 2014 年) 以降、日本においても反転授業の実践が盛んに行われてきている。反転授業の事前学習では映像教材の利用が一般的であるが、映像の配信に関しては、「教員が自分自身の授業映像を不特定多数に配信することは心理的な敷居が高い」「映像に教員自身が映っている場合、自分の様子を見ることに慣れていない教員にとっては、自分の映像を視聴することに抵抗がある」「動画配信サービスを利用する場合でも、公開を制限するための機能等の利用に慣れている教員でなければ利用が難しい」などの問題が指摘されている ([2])。また [3] には、「指導する内容をいかに短い時間でも学習ができる細かな単位 (モジュール) に分割できるかが重要となる」「設計した事前・事後学習に生徒・学生を自発的に取り組ませるためには授業構成の中に学習者への動機付けの方法を加味して設計することが大切である」等の教材作成上の留意点が述べられている。

### 3 作成した音声入りPDF教材

今回作成した教材では、学生はスライドをPDFビューアで閲覧しながら同時に自分のペースで音声を再生することができる。音声のスライドごとに埋め込まれているため、学生はスライドごとに集中して視聴（約1分）すればよく、視聴における負担が軽減されている。教材を作成する側にとっても、スライドごとに音声を入れる場合、録音時間が短いため、間違ったり、言葉をかんでしまったりしたらやり直せばよいなど、教材全体に一気に音声を入れるよりも精神的負担が少なくなる。音声はAudacity（デジタル・オーディオ・エディタ）で録音し、mp3フォーマットでファイルに書き出している。視聴時間については、一般的な学生が集中力を持続できる時間とファイルのサイズ（10MB以下）を考慮して約10分とした。ちなみにJMOOC（一般社団法人日本オープンオンライン教育推進協議会）が提供しているインターネット上の講義動画1本の長さは10分程度である。また[6]にも「一般的には、作業時間の経過とともに集中力が低下し、課題成績が低下するのである。なお、内田クレペリン検査は前半と後半の2部からなり、それぞれ15分である。このことから、視視聴覚メディア教材を含めて、多くの教育活動は一つの活動を15分以内に収めることが望ましいといえるだろう。」という記述がある。

#### 3.1 正規分布について説明する教材

第二著者は、正規分布について、その性質・特徴や正規分布表を用いた確率の計算、二項分布の正規近似について説明する教材を作成し、その教材を使って学生に自習をさせた。二項分布の正規近似の説明ではパラパラ動画を用いることにより、正規分布に収束する様子を示している。また教材の最後に学生が教材視聴後に行う課題を提示し、課題の提出方法についての説明を行っている。このように自習・反転授業のための教材作成においては、教材を視聴させるのみではなく、教材の内容に関わる課題をやらせたり、対面授業と効果的に組み合わせた内容を考えることが重要である。以下にスライド教材（視聴時間約10分、ファイルサイズ9.8MB）の一部を示す。

#### 正規分布

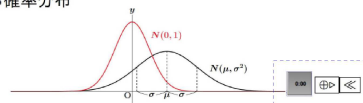
2017.07.05

#### 正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$

- 代表的な連続型確率分布（統計で最も重要）
- 定数  $\mu$ 、正の定数  $\sigma$  について、確率密度関数が

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

である確率分布

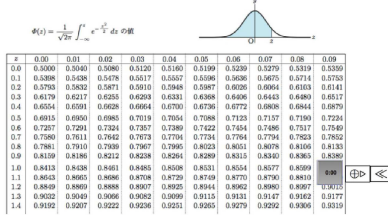


音声再生・停止ボタン

3

正規分布表の使い方

例)  $P(Z \leq 1.26)$  正規分布表 (分布関数)

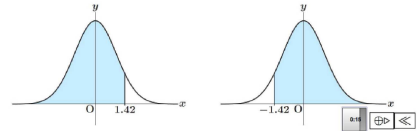


4

正規分布表の使い方 (例題)

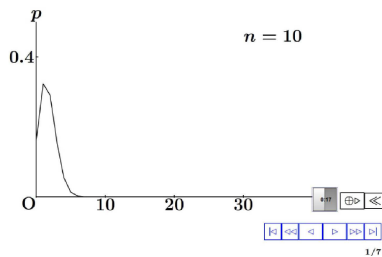
(1)  $P(Z \leq 1.42) = 0.9222$

(3)  $P(Z \geq -1.42) = P(Z \leq 1.42) = 0.9222$



8

二項分布と正規分布



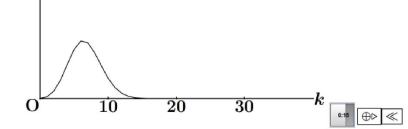
9

二項分布と正規分布

正規分布は二項分布の  $n$  を大きくしたもの

$n = 40$

$p = 1/6$



### 3.2 相関係数を解釈する上での注意点について説明する教材

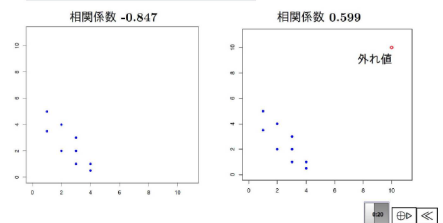
第一著者は、外れ値が相関係数に与える影響や見かけの相関、相関関係と因果関係について説明する音声入り自習用教材を作成し、その教材を使って学生に自習をさせた。以下にスライド教材（視聴時間約8分、ファイルサイズ7.6MB）の一部を示す。

2

相関係数を解釈する上での注意

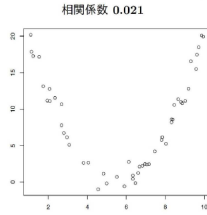
2017.07.24

外れ値の影響を考える



3

### 曲線的な関係がある場合

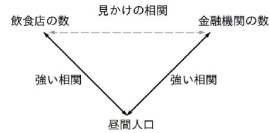


0.00 0.00 &lt;&lt;

4

### 見かけの相関 1

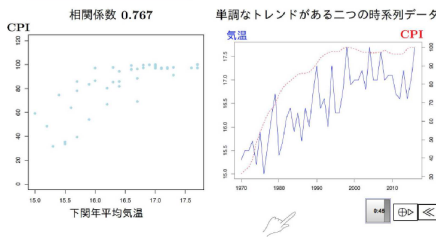
東京23区について、飲食店の数と金融機関の数をペアで調べ、散布図を描くと強い正の相関（ほぼ0.9）があることがわかった。しかし、レストランが多いからといって銀行が立地するわけでもないし、逆に銀行が多いからといってレストランが立地するわけでもない。



0.99 0.99 &lt;&lt;

5

### 見かけの相関 2



0.40 0.40 &lt;&lt;

6

### 相関関係と因果関係

相関関係があることから、特定の因果関係があることを認めることは通常できない。

日本酒の値段とそれに対する評価の間には相関があることが知られている、因果関係についてはどうか？

0.40 0.40 &lt;&lt;

## 4 音声入り PDF スライド教材作成のプログラム概要

以下に標準正規分布について説明する音声入りスライド2枚を作成するプログラムを示す。

```
new::標準正規分布// %行の最後には必ず//をつける
%repeat=2// %同じタイトルのスライドを2枚作成
layer::{120}{0}//
putnote::s{100}{35}::fignorm2,0.5//
end//
itemize//
item::$N(0,1)$を{\color{red}標準正規分布}という//
item::$N(0,1)$の確率密度関数\\//
\hspace*{2zw}$\phi(z)=\dfrac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{z^2}{2}}$//
thin[2,-]::item::$N(0,1)$の分布関数$\varPhi(z)=P(Z\leq z)$\\//
thin[2,-]::$\displaystyle\varPhi(z)=\int_{-\infty}^z\phi(z)\,dz$//
thin[2,-]::item::正規分布表は$\varPhi(z)$の値を記載//
end//
%[1]::\inputsound[105]{voice/}{voice02a}//
%[2]::\inputsound[105]{voice/}{voice02b}//
```

【上記で使われているスライド作成のための `ketpic` コマンド】

`new` ... 新しいスライドの作成

`layer` ... `layer` 環境の開始

`putnote::s{100}{35}::fig` ...  $x$  座標 100,  $y$  座標 35 の南の位置に `fig` (読み込みファイル) を挿入

`itemize` ... LaTeX の箇条書き環境の開始

`%[1]` ... 1 枚目のスライドだけに命令

`[2,-]` ... 2 枚目以降のスライドに命令

`\inputsound[105]{voice/}{voice02a}` ... mp3 形式の音声を読み込む

【上のプログラムで作られるスライド】

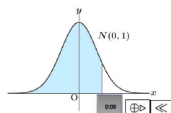
2

### 標準正規分布

- $N(0, 1)$  を標準正規分布という

- $N(0, 1)$  の確率密度関数

$$\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$



### 標準正規分布

- $N(0, 1)$  を標準正規分布という

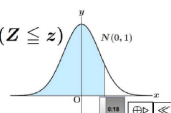
- $N(0, 1)$  の確率密度関数

$$\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

- $N(0, 1)$  の分布関数  $\Phi(z) = P(Z \leq z)$

$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^z \phi(z) dz$$

- 正規分布表は  $\Phi(z)$  の値を記載



## 5 教材の配信方法

二人の著者は、それぞれ以下の方法で教材を配信した。

- 教材がある場所の QR コードを学生に知らせ、各自が自分が使用する PC に教材をダウンロードする。

対象の授業

7 / 4 数学B (2限, 生命園), 代数幾何 (3限, 情報)

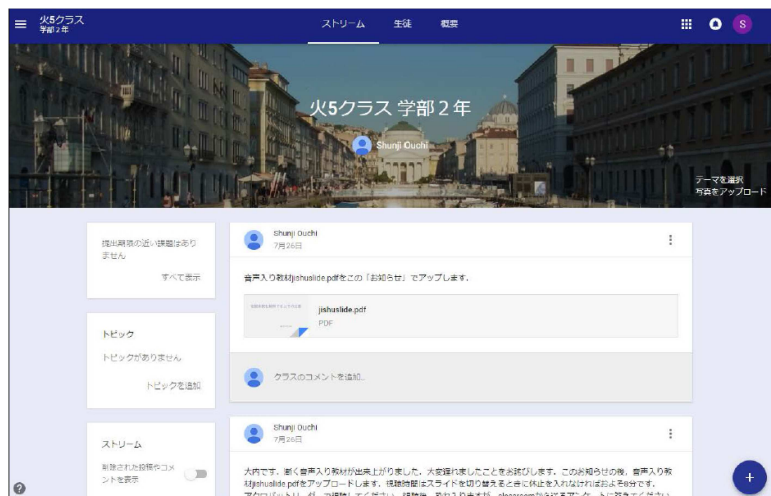
7 / 5 数学A (3限, 生命園), 確率と統計 (4限, 生命園)

以下のページからファイルをダウンロード

[www.dropbox.com/sh/j9njf572xzqut7d/AAAo5tKPJ-eqQN09hftMXe8Ja?dl=0](https://www.dropbox.com/sh/j9njf572xzqut7d/AAAo5tKPJ-eqQN09hftMXe8Ja?dl=0)



- 所属機関が契約している Google Apps for Education にある学習管理システム Classroom を利用する。学生は Google ドライブの Classroom フォルダにある教材を各自ダウンロードする。



## 6 音声入り教材作成上の注意点

- スライド間や視聴終了後に問題演習や資料を参照させるとよい。
- 教材の視聴方法を説明するスライドを始めに入れた方がよい。
- 教材の視聴方法を事前に体験させておくべきである。
- 音声が入るスライドのどこを説明しているのか分かるような配慮をする。
- 教育効果を考えた場合、1つの教材の視聴時間は10分程度（15分以内）がよい。
- モノラル録音で十分であるが、音声の録音にはマイクを用いた方がよい。

## 7 今後の課題

1. アンケートや聞き取りによって、作成した教材の効果を客観的に確かめる。
2. 動画と音声の両方を格納するコンテナ mp4 を、PDF 読み込んだ教材の作成を試みる。
3. データサイエンス教育のための教材を開発する。具体的には
  - データの表現方法（どの尺度で考えるか）
  - メディアに頻繁に表出する統計情報（時系列データなど）の読み方
  - e-Stat などが提供しているオープンデータの活用の仕方
  - 人の意識や満足度を測るアンケート調査の基本的な方法
  - データに基づいて客観的なエビデンスを構築する方法（プロジェクト学習）
  - データに基づいた意思決定の方法（プロジェクト学習）
  - データサイエンスに必要な Excel や R の操作方法

などを学ぶ教材。

## 8 謝辞

本研究は、京都大学数理解析研究所共同事業「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」による成果である。本研究は、JSPS 科研費 JP15K01037 の助成を受け行われた。

## 参考文献

- [1] Satoshi Yamashita, Shigeki Kobayashi, Hideyo Makishita and Setuo Takato, PDF Slide Teaching Materials Created Using KETCindy, Lecture Notes in Computer Science 10407, Part IV, Springer, pp.285-300, 2017.8.
- [2] 山下祐一郎・中島平, 音声教材を用いた反転授業による物理教育の映像教材との実践比較, 東北福祉大学研究紀要 40, pp.49-61, 2016 年.
- [3] 小川勤, 反転授業の有効性と課題に関する研究-大学における反転授業の可能性と課題-, 山口大学大学教育機構「大学教育」第 12 号, pp.1-9, 2015 年 3 月.
- [4] Shunji Ouchi, Yoshifumi Maeda, Kiyoshi Kitahara and Naoki Hamaguchi, Creating Interactive Graphics for Mathematics Education Utilizing KETpic, Lecture Notes in Computer Science 8592, Springer-Verlag, pp.607-613, 2014.8.
- [5] 大内俊二・高遠節夫, 統計教育における動画の効果的な利用, 京都大学数理解析研究所講究録 1909, pp.157-164, 2014 年 8 月.
- [6] 辻義人, 視聴覚メディア教材を用いた教育活動の展望-教材の運営・管理と著作権-, 小樽商科大学人文研究 115, pp.175-194, 2008 年 3 月.